

Static micro-mixer, used in micro-reaction technology, comprises stack of several foils and/or plates lying over each other, mixing units, heat exchanger units, and lines for at least two material streams to be mixed

Publication number: DE20304101U

Publication date: 2003-05-22

Inventor:

Applicant: EHRFELD MIKROTECHNIK AG (DE)

Classification:

- International: *B01F5/06; B01F13/00; B01F15/06; B01J19/00; F28D9/00; B01F5/06; B01F13/00; B01F15/00; B01J19/00; F28D9/00; (IPC1-7): B01F5/06; B01F15/06*

- European: B01F5/06B2B; B01F5/06B3C; B01F13/00M; B01F15/06D; B01J19/00R; F28D9/00F4B

Application number: DE20032004101U 20030314

Priority number(s): DE20032004101U 20030314

Report a data error here

Abstract of DE20304101U

Static micro-mixer comprises a stack of several foils and/or plates lying over each other; mixing units; heat exchanger units; and lines for at least two material streams to be mixed. Preferred Features: The foils and/or plates have passages and are made from metal, metal alloy, plastic, ceramic and/or glass. The stack is placed in a container. The plates and/or foils are joined together by welding, diffusion welding, laser welding, soldering, diffusion soldering and/or adhering. The passages are formed by punching, embossing, cutting eroding, etching, plasma etching, laser ablating and/or by LIGA techniques.

~~~~~  
Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Gebrauchsmusterschrift**  
⑩ **DE 203 04 101 U 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**B 01 F 5/06**  
B 01 F 15/06

|                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| ②1 Aktenzeichen:                     | 203 04 101.1 |
| ②2 Anmeldetag:                       | 14. 3. 2003  |
| ④7 Eintragungstag:                   | 22. 5. 2003  |
| ④3 Bekanntmachung<br>im Patentblatt: | 26. 6. 2003  |

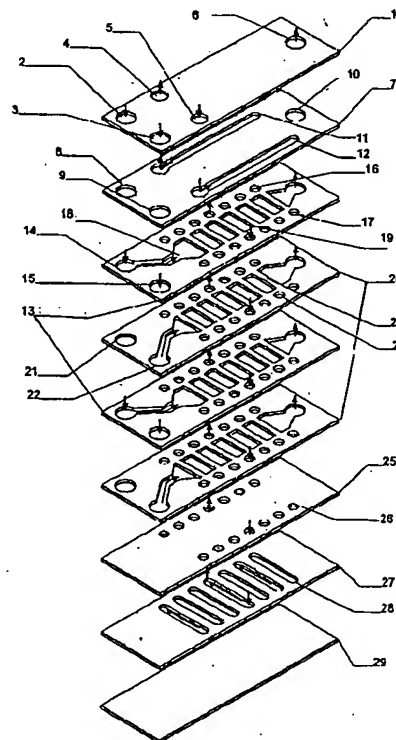
⑦3 Inhaber:  
Ehrfeld Mikrotechnik AG, 55234 Wendelsheim, DE

⑦4 Vertreter:  
Dr. Meyer-Dulheuer, 60594 Frankfurt

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

⑤4 Mikrovermischer mit integriertem Wärmetauscher

⑤7 Statischer Mikrovermischer mit integriertem Wärmetauscher, dadurch gekennzeichnet, dass er aus einem Stapeln von mehreren übereinander geschichteten Folien und/oder Platten aufgebaut ist, mindestens eine Mischeinheit sowie mindestens ein Wärmeaustauschereinheit aufweist und Zuleitungen für mindestens zwei zu mischende Stoffströme besitzt.



DE 203 04 101 U 1

DE 203 04 101 U 1

5 Ehrfeld Mikrotechnik AG  
Mikroforum Ring 1  
  
55234 Wendelsheim

10

15 Mikrovermischer mit integriertem Wärmetauscher

## 5 Mikrovermischer mit integriertem Wärmetauscher

- 10 Gegenstand der Erfindung ist ein statischer Mikrovermischer mit integriertem Wärmetauscher bestehend aus einem Stapel von mehreren übereinander geschichteten Platten zur Anwendung in der Mikroreaktionstechnik.

- 15 Statische Mikrovermischer bilden eines der Schlüsselemente für die Mikroreaktionstechnik und finden in einer Vielzahl von Ausführungsformen in der Mikroreaktionstechnik Anwendung. So beschreibt die deutsche Offenlegungsschrift DE 197 48 481 einen statischen Mikrovermischer mit einer Mischkammer und einem vorgeschalteten Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr von zu mischenden oder zu dispergierenden Fluiden. Die Führungsbauteile sind hierbei  
20 mit Nuten versehen, die beim Übereinanderschichten eine Schar von Kanälen für die zu mischenden Fluide bilden; die Nuten weisen unterschiedliche Längen und bogenförmig gekrümmte Abschnitte auf. Weiter ist aus der deutsche Patentschrift DE 195 40 292 C ein statischer Mikrovermischer bestehend aus plattenartigen Elementen A und B, die aus dünnen Folien mit einer Dicke von 10  
25 bis 1.000 µm aufgebaut sind, bekannt. Bei der Übereinanderschichtung der Folien entstehen Kanälen für die zu mischenden Fluide, die jeweils bogenförmig gekrümmt sind und abwechselnd von der Mischkammer zu je einer Zufuhrkammer verlaufen.

- 30 Weiterhin beschreibt die deutsche Offenlegungsschrift DE 199 27 556 einen statischen Mikrovermischer für zwei oder mehrere Edukte, wobei dieser einen Stapel unterschiedlich angeordneter Platten enthält. Die verwendeten Platten weisen Ausnehmungen im Millimeter- bis Submillimeterbereich auf, die zusammen einen Hauptkanal zum Abführen der Produkte und Nebenkanäle zum Zuführen der einzelnen Edukte bilden. Diese Kanäle erstrecken sich durch den  
35 gesamten Stapel. In manchen Platten sind zudem längliche Ausnehmungen

- 5 vorhanden, die eine Verbindung zwischen den Hauptkanälen und den Nebenkä-  
nen bilden.

Bei Verwendung von miteinander reagierenden Edukten kann es bei exotherm-  
ne Reaktionen aufgrund der freiwerdenden Reaktionsenergie zu einer Tempe-  
10 raturerhöhung des Reaktionsgemisches kommen. Die bisher in der Mikroreakti-  
onstechnik verwendeten statischen Mikrovermischer berücksichtigen diesen  
Umstand nicht und bieten keine Möglichkeit, das Reaktionsgemisch direkt im  
Mikrovermischer auf die erforderliche Temperatur zu kühlen. Es ist bei den bis-  
her verwendeten Mikrovermischer vielmehr erforderlich, das Reaktionsgemisch  
15 in einer hinter dem Mischer angeordneten separaten Wärmeaustauschvorrich-  
tung zu temperieren. Während des Transports vom Mikrovermischer zur Wär-  
meaustauschvorrichtung ist das Reaktionsgemisch weitgehend untemperiert,  
woraus sich eine nachteilige Prozessführung ergeben kann, die eine verminder-  
te Ausbeute und/oder unerwünschte Reaktionsprodukte zur Folge hat.

20

Der im Schutzanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde,  
eine Wärmeaustauscheinheit direkt in einen statischen Mikrovermischer zu in-  
tegrieren.

- 25 Dieses Problem wird durch einen statischen Mikrovermischer, der aus einem  
Stapel von mehreren übereinander geschichteten Folien und/oder Platten auf-  
gebaut ist, gelöst, wobei dieser mindestens eine Mischeinheit sowie mindestens  
eine Wärmeaustauschereinheit aufweist und zudem Zuleitungen für mindestens  
zwei zu mischende Stoffströme besitzt.

30

- Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass bei  
Verwendung von miteinander reagierenden Produkten die freiwerdende Reakti-  
onswärme direkt im Mikrovermischer abgeführt werden kann, und so ein defi-  
nierter Temperaturverlauf gewährleistet werden kann. Somit ist es möglich, das  
35 Auftreten eines Temperaturmaximums im Reaktionsprodukt auszuschließen  
und nachteilige Prozessführungsparameter, die sich in einer verminderten Aus-

- 5 beute und in unerwünschten Reaktionsnebenprodukten niederschlagen, ausschließen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Schutzansprüchen 2 und folgenden angegeben. Eine Weiterentwicklung nach Schutzanspruch 2 ermöglicht es, dass die einzelnen Folien und/oder Platten Durchbrüche aufweisen. Nach Schutzanspruch 3 ist es zudem möglich, dass die Folien und/oder Platten aus Metall, einer Metalllegierung, Kunststoff, Keramik, Glas oder einer Kombination aus diesen Materialien hergestellt sind. Weiter ist es möglich, dass der Stapel aus den Folien und/oder Platten in einem dafür vorgesehenen Behältnis untergebracht wird. Nach Schutzanspruch 5 können die Platten und/oder Folien sowohl stoff-, kraft- und/oder formschlüssig miteinander verbunden sein. Weiter ist es möglich, dass die Platten und/oder Folien durch lageidentische Bohrungen oder Nuten zueinander ausgerichtet werden können. Nach Schutzanspruch 7 ist es möglich, dass die Platten und/oder Folien durch Schweißen, Diffusionsschweißen, Laserschweißen, Löten, Diffusionslöten und/oder Kleben miteinander stoffschlüssig verbunden sein können. Die Weiterbildung nach Schutzanspruch 8 gestattet es, dass die Platten und/oder Folien kraftschlüssig durch Verschrauben oder Vernieten miteinander verbunden werden können. Nach Schutzanspruch 9 ist es möglich, dass die Durchbrüche in den Folien und/oder Platten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserablatieren und/oder durch die LIGA-Technik hergestellt werden können. Nach Anspruch 11 ist es weiter möglich, dass der Wärmeaustauschereinheit im statischen Mikrovermischer aus Kühlstegen besteht. Diese Kühlstege können schräg zur Strömungsrichtung angeordnet sein, wobei die Ausrichtung der Kühlstege untereinander alternierend ausgestaltet sein kann. Weiter ist es nach Schutzanspruch 13 möglich, dass die Kühlstege nur teilweise in den Reaktionsraum hineinragen.

Die Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Beispielen 1 bis 5 dargestellt.

5 Es zeigen:

Fig. 1 schematischer Aufbau des statischen Mikrovermischers mit integriertem Wärmetauscher;

10 Fig. 2 schematische Darstellung der Funktionsplatten A und B;

Fig. 3 Gehäusevorrichtung für die Misch- und Wärmetauschevorrichtung;

Fig. 4 Funktionsplatten mit schrägen Kühlstegen;

15

Fig. 5 Funktionsplatten mit teilweise in den Raum hineinragenden Kühlstegen.

Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau des statischen Mikrovermischers mit integriertem Wärmetauscher, der aus mehreren Funktionsplatten aufgebaut ist. Über eine Fluidanschlussplatte (1) wird die Zufuhr der Edukte realisiert. Unterhalb der Fluidanschlussplatten (1) befindet sich eine Kühlwasserverteilplatte (7), deren Aufgabe das Verteilen der Kühlwasserzu- und -rückläufe ist; durch sie wird das Kühlwasser an die darunterliegenden Funktionsplatten A (13) verteilt bzw. von diesen das zurückströmenden Kühlwasser gesammelt. Die in der Kühlwasserverteilplatte (7) befindlichen Durchbrüche (8, 9, 10) dienen zur Weiterleitung der eingespeisten Fluide (2, 3) bzw. zur Rückführung der Fluidgemische (6). Die Funktionsplatten für das Fluid A (13) und für das Fluid B (20) übernehmen durch ihre abwechselnde Schichtung die Verteilung der zugeführten Fluide; bei der Funktionsplatte A (13) wird das Fluid A durch einen Fluidverteiler (14) bzw. bei der Funktionsplatte B (20) wird das Fluid B durch einen Fluidverteiler (22) auf eine gemeinsame Austrittsposition geleitet, wo die einzelnen Fluidlamellen zusammentreffen und sich so vermischen. Das Gemisch trifft dann im weiteren Verlauf auf die einzelnen Kühlstege (19) bzw. (23), wobei die Kühlstege einer Funktionsplatte, die Kühlstege der jeweils darunter und darüber liegenden Funktionsplatte nicht überdecken sollen. Auf diese Weise erfährt das

- 5 Gemisch beim Auftreffen auf ein Kühlsteg eine Umlenkung zur nächsthöheren bzw. nächstniedrigeren Funktionsplatte.

Fig. 2 zeigt exemplarisch jeweils zwei Funktionsplatten vom Typ A (13) und vom Typ B (20), die unterhalb der Kühlwasserverteilplatte (7) in alternierender  
 10 Abfolge angeordnet sind, wobei die Anzahl an Funktionsplatten vom Typ A und B beliebig groß sein kann. Über lageidentische Durchbrüche (17) und (24) wird das Kühlwasser an den Funktionsplatten vorbeigeleitet. In analoger Weise gelangen die Edukte über die Durchbrüche (15) und (21) zu den jeweils darunterliegenden Funktionsplatten. Zusätzlich zu der Weiterleitung wird bei den Durch-  
 15 brüchen (14) und (22) ein Teil des Fluids der Vermischung zugeführt. Die Weiterleitung der Fluide A und B endet an der Funktionsplatte (25), deren Aufgabe die Kühlwasserverteilung ist.

In der Funktionsplatte zur Kühlwasserverteilung (25) wird das Kühlwasser über  
 20 Kühlwasserverteilkanäle (26) an die darunter liegende Funktionsplatte zur Kühlwasserumlenkung (27) weitergeleitet, die das Kühlwasser über Verbindungskanäle (28) zu den rückführenden Rückwasserkanälen umleitet. Eine Abschlussplatte (29) dient zur Abdichtung der Verteilkanäle nach außen.

25 Fig. 2 zeigt die schematische Darstellung der Funktionsplatten A und B. Die Funktionsplatten A (13) und B (20) übernehmen durch ihre abwechselnde Aufeinander-schichtung die Verteilung der zugeführten Edukte, indem bei Funktionsplatte A (13) das Edukt über einen Fluidverteiler (14) zu der gemeinsamen Austrittsposition (18) geleitet wird. Bei Funktionsplatte B (20) wird das Edukt B  
 30 über einen Fluidverteiler (22) zu derselben Ausgangsposition (18) geleitet, wo die gebildeten Fluidlamellen zusammentreffen und sich vermischen. Das Reaktionsgemisch trifft dann im weiteren Reaktionsverlauf auf die Kühlstege der Funktionsplatte A (19) bzw. auf die Kühlstege der Funktionsplatte B (23), wobei  
 35 das Reaktionsgemisch beim Auftreffen auf die jeweiligen Kühlstege eine Umlenkung zur nächst höheren bzw. zur nächst niedrigeren Funktionsplatte erfährt. Das Zusammenwirken der beiden Funktionsplatten ist in Teilskizze C darge-



- 5 stellt, wobei der mit M gezeichnete Abschnitt die Mischeinheit darstellt, während der mit W gekennzeichnete Teil wie Wärm austauschereinheit zeigt.

Fig. 3 zeigt das Gehäuse für die Misch- und Wärmetauschorruchtung. Dieses Gehäuse besteht aus einem Gehäuseunterteil (30), einem Gehäuseoberteil (31) und der Misch-/Wärmetauschorfunktionseinheit (32), die aus Einzelplatten aufgebaut ist. Die Misch-/Wärmetauschorfunktionseinheit (32) wird in eine passende Kavität des Gehäuseunterteils (30) eingesetzt, wobei Dichtringe (33) die Fluidöffnungen an der Unterseite der Funktionseinheit (32) mit den Fluidöffnungen auf der Kavität oberseite des Gehäuseunterteils (30) verbinden. Über den Gehäusedeckel (31) wird mit entsprechenden Verbindungselementen (34) eine mechanische Fixierung der Funktionseinheit (32) erreicht. Über Fluidöffnungen (35, 36) werden die zu mischenden Edukte am Gehäuseunterteil zugeleitet, während das erhaltene Reaktionsgemisch am Gehäuseauslass (39) entnommen wird. Der beim Vermischen der beiden Edukte auftretenden Temperaturerhöhung  $\Delta T$  wird durch das eingeleitete Kühlwasser, das durch entsprechende Fluidöffnungen (37, 38) zu- bzw. abgeleitet wird, entgegengewirkt.

Fig. 4 zeigt die Funktionsplatten mit schrägen Kühlstegen. Beim Übereinanderlegen der unterschiedlichen Funktionsplatten A und B bildet sich ein Kanalsystem aus, das eine intensive Durchmischung der Fluidströme bewirkt. Durch die Schrägstellung der Stege wird erreicht, dass der Fluidstrom in Teilströme aufgeteilt wird; die hin- und zurückgeleiteten Teilströme kreuzen sich mehrmals und mischen sich dabei intensiv. Vorteilhaft ist es, wenn die Funktionsplatten A und B spiegelsymmetrisch zueinander angeordnet sind, wie in Teilskizzen A und B dargestellt, da in diesem Fall nur eine Art von Funktionsplatte hergestellt werden muss.

Fig. 5 zeigt Funktionsplatten mit teilweise in den Raum hineinragenden Kühlstegen. Die Kühlstege in den jeweiligen Teilskizzen A bis D sind jeweils nur einseitig an die Platte angebunden. Dabei kann, wie in Teilskizzen A und B dargestellt, die Stegunterbrechung in der Mitte der Platte erfolgen, so dass ein für den Fluidstrom freier Durchgang bis hin zum Auslass entsteht und so der Strömungswiderstand vermindert wird.

- 5 mungsverlust minimiert werden kann. In Teilskizzen C und D ist eine alternierend Anordnung der Kühlstege dargestellt. Durch die wiederholt alternierende Anordnung wird eine intensive Durchmischung und Temperierung der Fluidströme erreicht.

## 5 Bezugszeichenliste:

- |    |    |                                                                    |
|----|----|--------------------------------------------------------------------|
| 10 | 1  | Fluidanschlussplatte                                               |
|    | 2  | Einlassöffnung für Fluid B                                         |
|    | 3  | Einlassöffnung für Fluid A                                         |
|    | 4  | Kühlwasserrücklaufanschluß                                         |
|    | 5  | Kühlwasservorlaufanschluß                                          |
| 15 | 6  | Austrittsöffnung für Fluidgemisch                                  |
|    | 7  | Kühlwasserverteilerplatte                                          |
|    | 8  | Fluiddurchbruch in Kühlwasserverteilerplatte für Fluid A           |
|    | 9  | Fluiddurchbruch in Kühlwasserverteilerplatte für Fluid B           |
|    | 10 | Fluiddurchbruch in Kühlwasserverteilerplatte für Fluidgemisch      |
| 20 | 11 | Verteiler für Kühlwasserzulauf                                     |
|    | 12 | Verteiler für Kühlwasserrücklauf                                   |
|    | 13 | Funktionsplatte A                                                  |
|    | 14 | Fluidverteiler für Fluid A                                         |
|    | 15 | Fluiddurchbruch für Fluid B                                        |
| 25 | 16 | Kühlwasserkanäle für rücklaufendes Kühlwasser in Funktionsplatte A |
|    | 17 | Kühlwasserkanäle für zuströmendes Kühlwasser in Funktionsplatte A  |
|    | 18 | Austrittsposition der Fluidlamellen                                |
|    | 19 | Kühlsteg in Funktionsplatte A                                      |
|    | 20 | Funktionsplatte B                                                  |
| 30 | 21 | Fluiddurchbruch für Fluid A                                        |
|    | 22 | Fluidverteiler für Fluid B                                         |
|    | 23 | Kühlsteg in Funktionsplatte B                                      |
|    | 24 | Kühlwasserkanäle für zuströmendes Kühlwasser in Funktionsplatte B  |
|    | 25 | Funktionsplatte zur Kühlwasserverteilung                           |
| 35 | 26 | Kühlwasser-Verteilerkanäle                                         |
|    | 27 | Funktionsplatte zur Kühlwasserumlenkung                            |
|    | 28 | Verbindungskanäle                                                  |

- |    |    |                                        |
|----|----|----------------------------------------|
| 5  | 29 | Abschlussplatte                        |
|    | 30 | Gehäuseunterteil                       |
|    | 31 | Gehäuseoberteil                        |
|    | 32 | Mischer-Wärmetauscher-Funktionseinheit |
|    | 33 | Dichtringe                             |
| 10 | 34 | Befestigungselemente                   |
|    | 35 | Fluideinlass A                         |
|    | 36 | Fluideinlass B                         |
|    | 37 | Kühlwasserzulauf                       |
|    | 38 | Kühlwasserrücklauf                     |
| 15 | 39 | Gemischauslass                         |

## 5 Schutzansprüche:

- 10 1. Statischer Mikrovermischer mit integriertem Wärmetauscher, **dadurch gekennzeichnet**, dass er aus einem Stapeln von mehreren übereinander geschichteten Folien und/oder Platten aufgebaut ist, mindestens eine Mischeinheit sowie mindestens ein Wärmeaustauschereinheit aufweist und Zuleitungen für mindestens zwei zu mischende Stoffströme besitzt.
- 15 2. Mikrovermischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Folien und/oder Platten Durchbrüche aufweisen.
3. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Folien und /oder Platten aus Metall, einer Metalllegierung, Kunststoff, Keramik, Glas oder einer Kombination dieser Materialien hergestellt sind.
- 20 4. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stapel in einem dafür vorgesehenen Behältnis untergebracht ist.
- 25 5. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten und/oder Folien stoff-, kraft- und/oder formschlüssig miteinander verbunden sind.
- 30 6. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten und/oder Folien über lageidentische Bohrungen oder Nuten ausgerichtet sind.
- 35 7. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Platten und/oder Folien durch Schweißen, Diffusionsschweißen, Laserschweißen, Löten, Diffusionslöten und/oder Kleben miteinander stoffschlüssig verbunden sind.

- 5 8. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten und/oder Folien durch Verschrauben oder Vernieten kraftschlüssig verbunden sind.
9. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Durchbrüche in den Folien und/oder Platten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserablatieren und/oder durch die LIGA-Technik hergestellt worden sind.
- 10 10. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeaustauschereinheit mit einem oder mehreren Katalysatoren beschichtet ist.
- 15 11. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeaustauschereinheit Kühlstege enthält.
- 20 12. Mikrovermischer nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlstege schräg zur Strömungsrichtung und alternierend ausgerichtet sind.
13. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlstege nur teilweise in den Reaktionsraum hineinreichen.
- 25

14.03.03

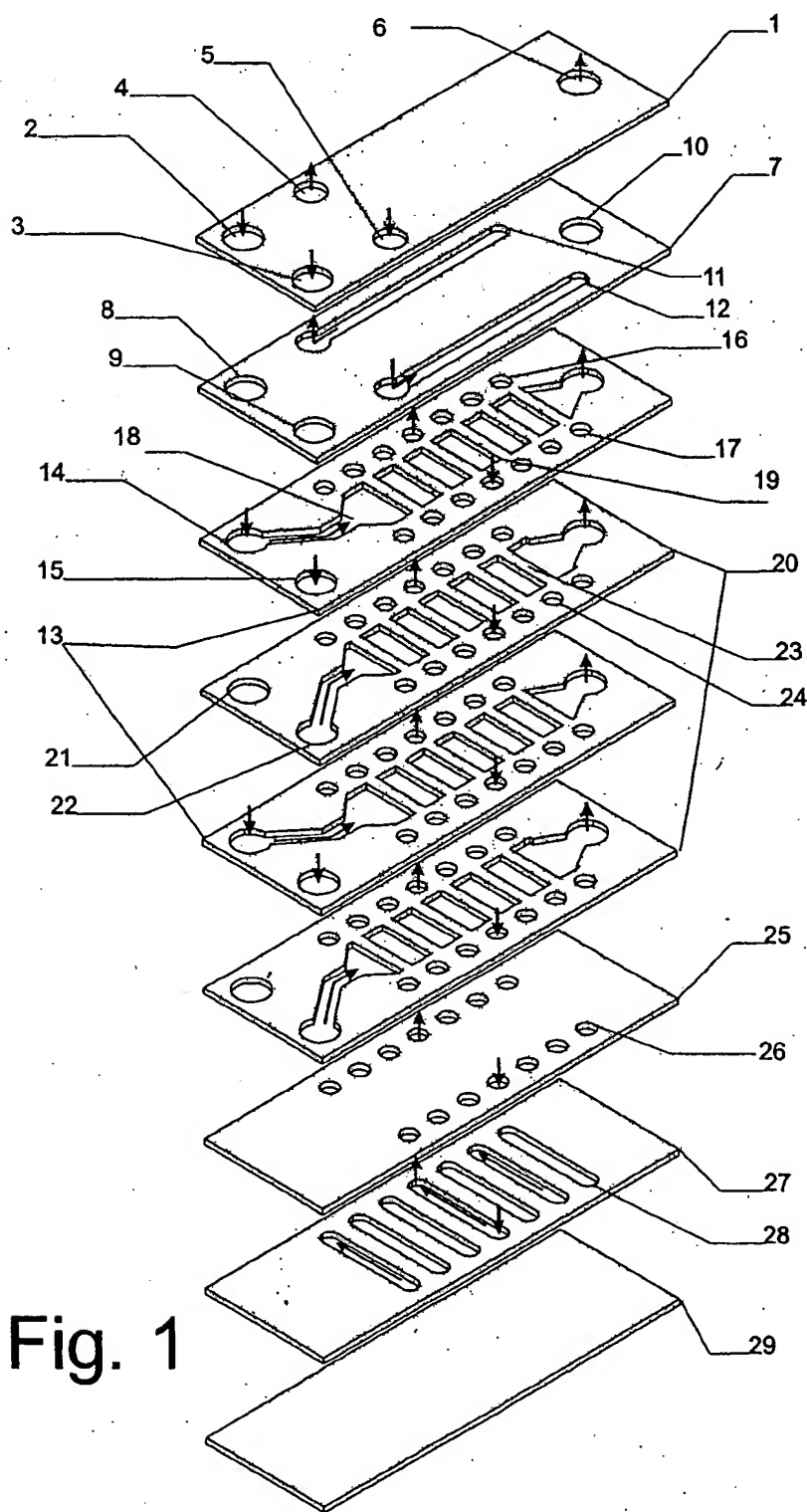


Fig. 1

№ 2013/04 101 111

14.03.03

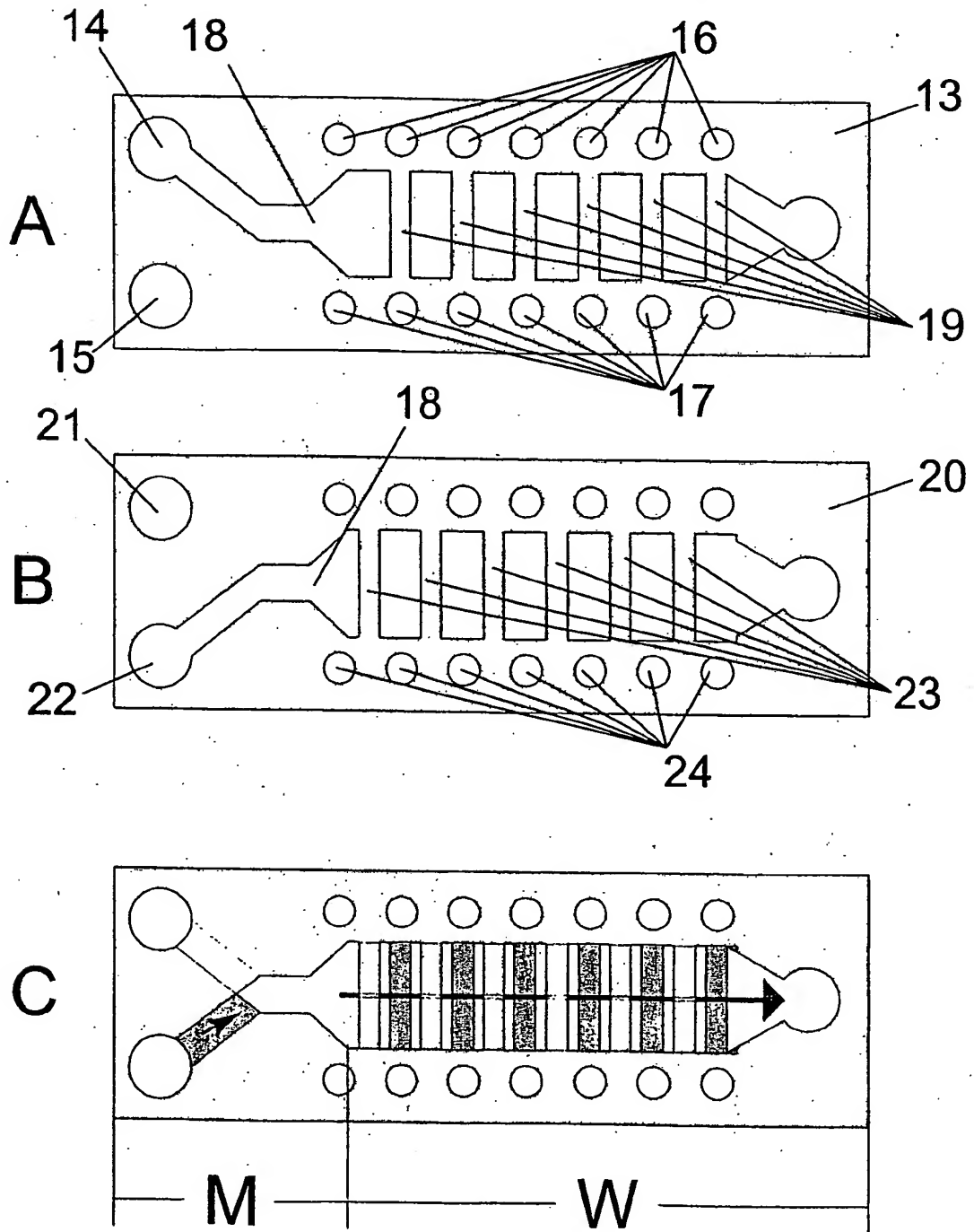


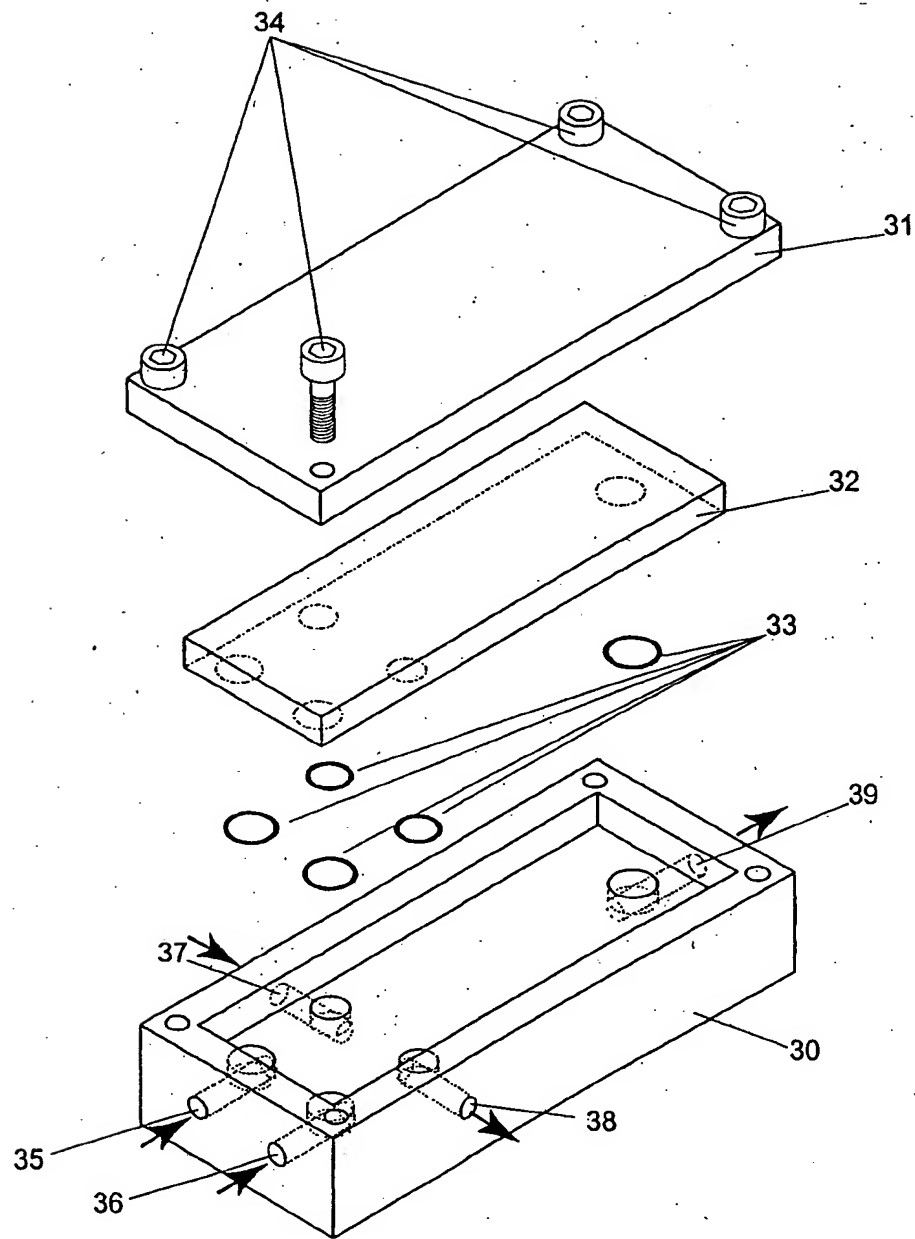
Fig. 2

14.03.03



14-03-03

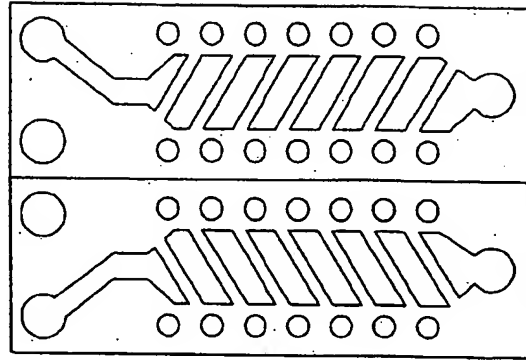
Fig. 3



OF 2007 04 10 1 11

14.03.03

a)



b)

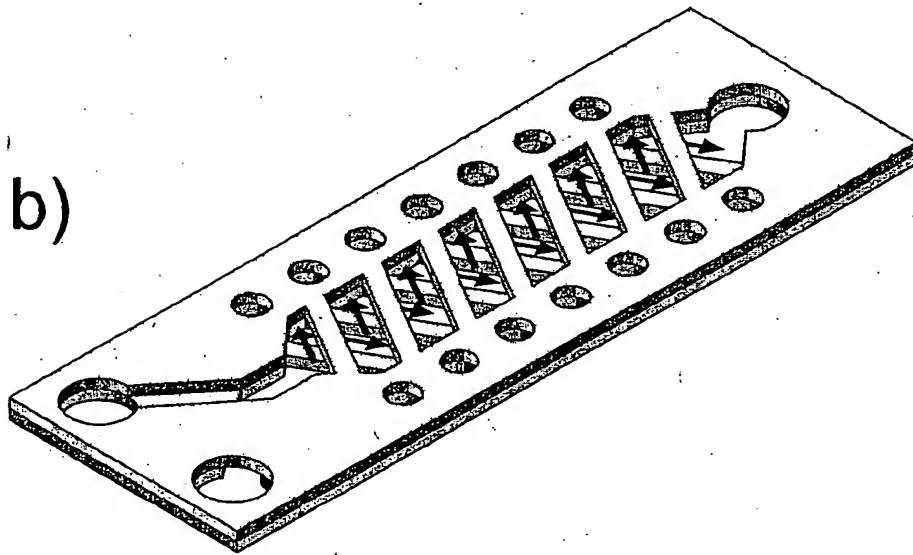
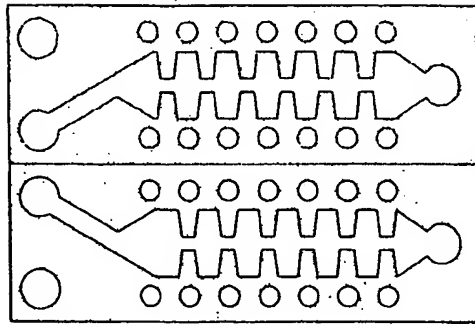


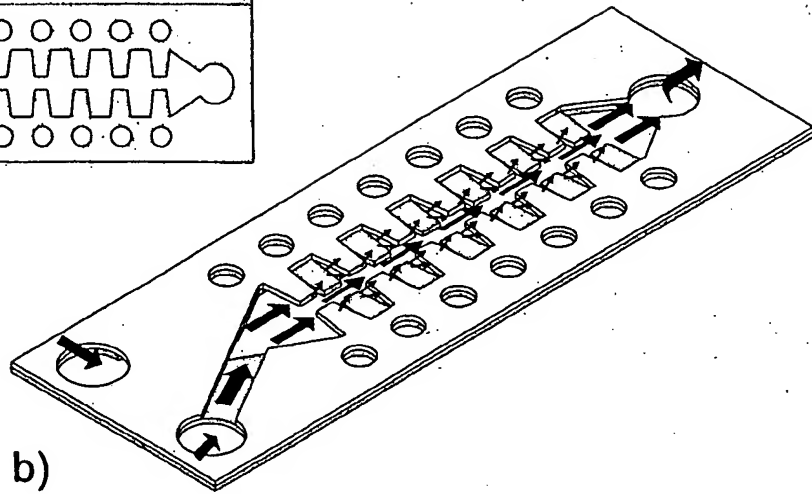
Fig. 4

DE 2003 04 101 111

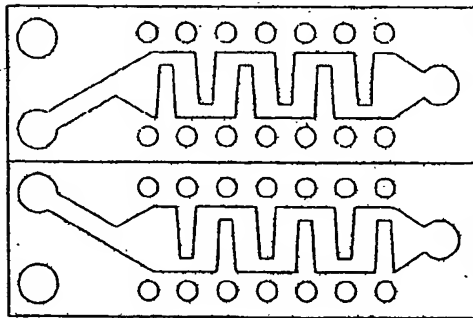
Fig. 5



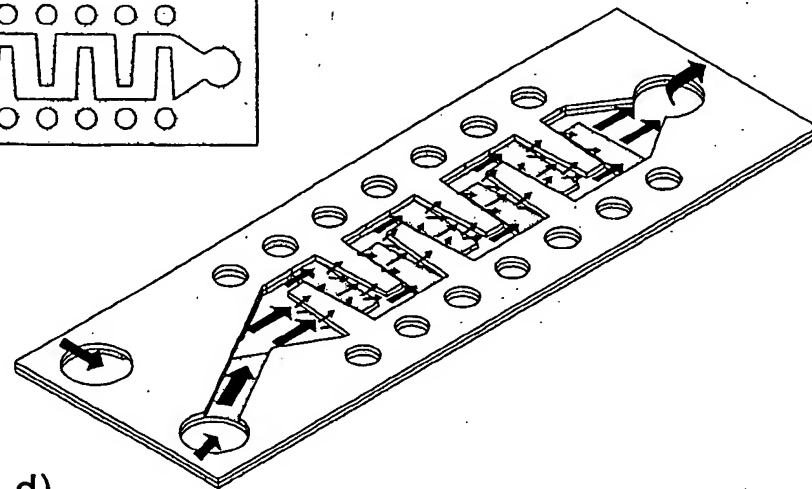
a)



b)



c)



d)